



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**
①0 **DE 197 02 383 A 1**

⑤1 P800935/WO/1
Int. Cl.⁸:
G 05 D 1/02
B 62 D 6/00
// B 62 D 101:00,
119:00, 113:00, 137:00,
109:00, 111:00

②1 Aktenzeichen: 197 02 383.5
②2 Anmeldetag: 23. 1. 97
④3 Offenlegungstag: 14. 8. 97

DE 197 02 383 A 1

③0 Unionspriorität:

P 8-49516 12.02.96 JP

⑦1 Anmelder:

Honda Giken Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP

⑦4 Vertreter:

H. Weickmann und Kollegen, 81679 München

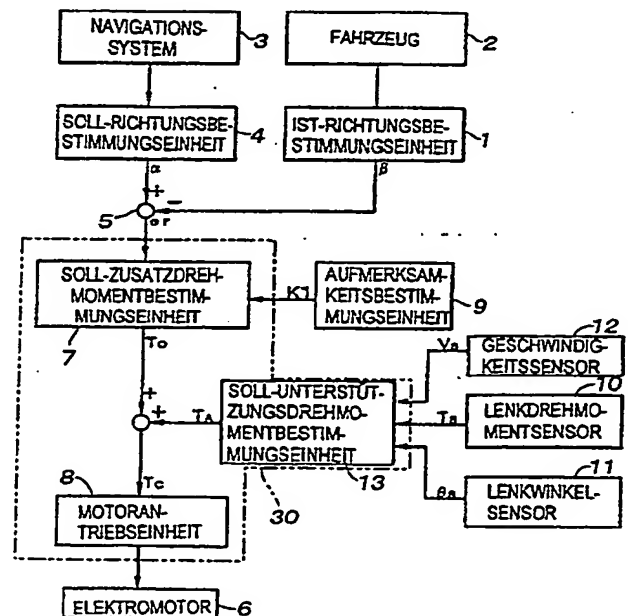
⑦2 Erfinder:

Shimizu, Yasuo, Wako, Saitama, JP; Tokunaga,
Hiroyuki, Wako, Saitama, JP; Sekine, Hiroshi, Wako,
Saitama, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Fahrzeuglenk-Steuer/Regel-System

⑤7 Die Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers wird aus einem Betriebszustand des Fahrzeugs (2) bestimmt, beispielsweise dem Lenkdrehmoment, der Gewindestangenschubkraft und/oder der Gierrate, und der bestimmte Wert der Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers wird vorteilhafterweise in der Steuer/Regel-Eigenschaft des Lenk-Steuer/Regel-Systems wiedergegeben. Wenn die Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers sehr gering ist und der Fahrzeugfahrer sogar eingelenkt ist, dann macht das Lenk-Steuer/Regel-System seinen Eingriff in die Lenk-Steuerung/Regelung maximal, so daß das Fahrzeug (2) automatisch auf seinem Weg entlang des geeigneten Bewegungswegs gehalten wird. Wenn gewünscht, dann kann der Fahrzeugfahrer durch Anlegen eines Vibrations-Drehmoments an das Lenkrad gewarnt werden. Im Gegensatz dazu wird jedoch, wenn die Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers hoch ist, die Einwirkung des Steuer/Regel-Systems auf die Lenk-Steuerung/Regelung minimal gemacht, so daß der beabsichtigten Lenkanstrengung des Fahrzeugfahrers durch das Lenk-Steuer/Regel-System nicht entgegengewirkt wird, selbst wenn ein extremer Lenkvor-gang durchgeführt wird.



Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 06. 97 702 033/547

13/23

DE 197 02 383 A 1

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Fahrzeuglenksystem, welches die Anstrengung eines Fahrzeugfahrers unterstützen kann, der Fahrspur oder der Form der Straße zu folgen, und insbesondere auf ein Fahrzeuglenksystem, welches effektiv verhindern kann, daß das Fahrzeug von der Fahrspur oder der Straße aufgrund einer ungenügenden Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers abweicht, während jegliche absichtliche Abweich- oder Ausbrechbewegung des Fahrzeugs zugelassen ist.

Es gibt eine Vielzahl an Vorschlägen, um zu verhindern, daß ein Fahrzeug von einer vorgeschriebenen Fahrspur oder Fahrbahn oder Straße aufgrund eines Abfalls der Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers abweicht. Beispielsweise offenbart die japanische Offenlegungsschrift (Kokai) Nr. 6-255514 ein Lenk-Steuer/Regel-System, welches die momentane Position des Fahrzeugs bezüglich einer Fahrbahnaufteilungslinie erfaßt, indem deren Bild durch eine Bildverarbeitungseinrichtung erfaßt wird, und welche ein Kraftlenkungssystem derart steuert/regelt, daß das Fahrzeug zentral in der Fahrspur gehalten wird.

Dieses vorgeschlagene Lenk-Steuer/Regel-System kann jegliche Absicht des Fahrzeugfahrers zum Ändern der Fahrspur oder zum Durchführen einer Rechts- oder Linkskurve lediglich durch die Aktivierung eines Lenksignals erfassen. Daher kann das System in der Lage sein, jegliche Abweichung des Fahrzeugs von einem geraden Weg zu erfassen, welche unbeabsichtigt durch den Fahrzeugfahrer verursacht wird, ist jedoch nicht in der Lage, in geeigneter Weise auf jegliche beabsichtigte Anstrengung des Fahrzeugfahrers zum Herauslenken des Fahrzeugs aus einem geraden Weg zu erfassen. Wenn beispielsweise der Fahrzeugfahrer versucht, einem Objekt auf der Straße durch Herauslenken des Fahrzeugs aus einem geraden Kurs auszuweichen, dann könnte das Lenk-Steuer/Regel-System, welches nicht in der Lage ist, die Absicht des Fahrers zu erfassen, einer derartigen durch den Fahrzeugfahrer gemachten Anstrengung entgegenwirken.

Es wird somit gewünscht, ein Fahrzeuglenk-Steuer/Regel-System vorzusehen, welches zwischen einem unbeabsichtigten Abweichen des Fahrzeugs von einem geeigneten Kurs oder einer geeigneten Bahn und einem absichtlichen Abweichen des Fahrzeugs von einem ursprünglich vorgesehenen Bewegungsweg unterscheiden kann.

In Anbetracht derartiger Probleme des Stands der Technik ist es eine primäre Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Fahrzeuglenk-Steuer/Regel-System vorzusehen, welches automatisch ein Fahrzeug auf einem vorgeschriebenen Bewegungsweg halten kann, welches jedoch dem Fahrzeugfahrer das Lenken des Fahrzeugs aus dem vorgeschriebenen Bewegungsweg heraus ermöglicht, wenn dies erforderlich ist, ohne einer derartigen Anstrengung des Fahrzeugfahrers entgegenzuwirken.

Es ist eine zweite Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Fahrzeuglenk-Steuer/Regel-System vorzusehen, welches ein Fahrzeug jederzeit auf einem vorgesehenen Bewegungsweg halten kann, indem zwischen dem Vorhandensein oder dem Abhandensein jeglicher beabsichtigter manueller Lenkbetätigung unterschieden wird.

Es ist eine dritte Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Fahrzeuglenk-Steuer/Regel-System vorzusehen,

welches die Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers erfassen kann und welches die erfaßte Aufmerksamkeit oder Wachheit des Fahrzeugfahrers in den Lenk-Steuer/Regel-Parametern wiedergeben kann.

Gemäß der vorliegenden Erfindung werden diese und weitere Aufgaben durch das Vorsehen eines Fahrzeuglenk-Steuer/Regel-Systems gelöst, welches umfaßt: ein manuelles Lenkeingabemittel zum manuellen Betätigen eines Lenksystems eines Fahrzeugs, ein Stellglied zum Vorsehen eines zusätzlichen oder Hilfs- Lenkdrehmoments bei dem Lenksystem, ein Ist-Richtungserfassungsmittel zum Erfassen einer Ist-Bewegungsrichtung des Fahrzeugs, ein Soll-Richtungsbestimmungsmittel zum Definieren einer Soll-Bewegungsrichtung des Fahrzeugs, ein Abweichungsberechnungsmittel zum Bestimmen einer Abweichung der Ist-Bewegungsrichtung von der Soll-Bewegungsrichtung, ein Steuer/Regel-Mittel zum Steuern/Regeln des Stellglieds derart, daß die durch das Abweichungsberechnungsmittel bestimmte Abweichung verringert wird, und ein Aufmerksamkeitsbestimmungsmittel zum Bestimmen einer Aufmerksamkeit eines Fahrers des Fahrzeugs aus einem Betriebszustand des Fahrzeugs, wobei das Steuer/Regel-Mittel ein Befehlsdrehmoment für das Stellglied für einen gegebenen Wert der Abweichung bei einer Abnahme der Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers erhöht.

Daher wird gemäß der vorliegenden Erfindung die Lenk-Steuerung/Regelung mehr automatisiert, wenn die Aufmerksamkeit des Fahrers nachläßt. Wenn beispielsweise die Aufmerksamkeit des Fahrers sehr gering ist und der Fahrzeugfahrer möglicherweise sogar eingeschlafen ist, dann wird das Fahrzeug automatisch dazu gebracht, sich entlang des geeigneten Bewegungswegs zu bewegen, da das Lenk-Steuer/Regel-System dann seine Einwirkung auf die Lenksteuerung maximal macht. In einem derartigen Fall kann es geeignet sein, den Fahrzeugfahrer in geeigneter Weise zu warnen, beispielsweise durch Anlegen eines Vibrations-Drehmoments an das Lenkrad.

Im Gegensatz dazu wird, wenn die Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers hoch ist, die Einwirkung des Steuer/Regel-Systems bei der Lenk-Steuerung/Regelung minimal gemacht und der absichtlichen Lenkanstrengung des Fahrzeugfahrers wird nicht durch das Lenk-Steuer/Regel-System entgegengewirkt, selbst wenn eine extreme Lenkbetätigung durchgeführt wird.

Das Ist-Richtungserfassungsmittel kann einen geomagnetischen Sensor umfassen, und das Soll-Richtungsbestimmungsmittel kann ein globales Positionierungssystem (GPS) umfassen, welches eine Form einer Straße vor dem Fahrzeug bestimmen kann. Typischerweise umfaßt das Steuer/Regel-Mittel einen Rückkopplungsregler, welcher ein zusätzliches Befehlsdrehmoment für das Stellglied befiehlt, um die durch das Abweichungsberechnungsmittel bestimmte Abweichung zu minimieren, beispielsweise durch Erhöhen der Regel-Verstärkung des Rückkopplungsreglers in Proportion zu einer Abnahme der Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers.

Die Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers kann durch Sammeln von Daten über das manuelle Lenkdrehmoment, welches an das manuelle Lenkeingabemittel angelegt wird, bestimmt werden. Normalerweise nimmt bei einem Abfall der Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers das Auftreten abrupter korrigierender Lenkbetätigungen zu. Daher ist es durch Erfassen jedes Auftretens eines manuellen Lenkdrehmoments, welches einen Schwellenwert überschreitet, und das Zählen des

Auftretens manueller Lenkdrehmomente, welche den Schwellenwert überschreiten, möglich, die Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers mit einer hinreichenden Genauigkeit auszuwerten.

Beruhend auf der jüngsten Entwicklung der Technologie globaler Positionierungssysteme ist es möglich, die Form der Straße vor dem Fahrzeug zu bestimmen. Daher kann das Aufmerksamkeitsbestimmungsmittel ferner ein Mittel zum Erfassen einer Ist-Gierrate, ein Mittel zum Vorhersagen einer Referenz-Gierrate, welche aus der Form der Straße vor dem Fahrzeug, die durch das globale Positionierungssystem bestimmt wird, vorhergesagt wird, und ein Mittel zum Sammeln von Daten über eine Abweichung der Ist-Gierrate von der Referenz-Gierrate umfassen.

Durch Integrieren der Gierrate des Fahrzeugs ist es jederzeit möglich, die absolute Richtung des Fahrzeugs zu bestimmen. Daher kann, anstelle des Messens der Richtung des Fahrzeugs, die Gierrate des Fahrzeugs mit einer Referenz-Gierrate verglichen werden, welche aus einer Karteninformation über die vor dem Fahrzeug liegende Straße vorhergesagt wird, so daß das Fahrzeug der Straße folgen kann. Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung kann das Fahrzeug-Lenk-Steuer/Regel-System der vorliegenden Erfindung umfassen: ein manuelles Lenkeingabemittel zum manuellen Betätigen eines Lenksystems eines Fahrzeugs, ein Stellglied zum Vorsehen eines zusätzlichen Lenkdrehmoments für das Lenksystem, ein Navigationsführungsmittel zum Vorhersagen eines Fahrtwegs des Fahrzeugs, ein Ist-Gierrfassungsmittel zum Erfassen einer Ist-Gierrate des Fahrzeugs, ein Soll-Gierrfassungsmittel zum Bestimmen einer Soll-Gierrate des Fahrzeugs gemäß dem durch die Navigationsführungsmittel vorhergesagten Fahrtweg, ein Abweichungsberechnungsmittel zum Bestimmen einer Abweichung der Ist-Gierrate von der Soll-Gierrate, ein Steuer/Regel-Mittel zum Steuern/Regeln des Stellglieds derart, daß die durch das Abweichungsberechnungsmittel bestimmte Abweichung verringert wird, und ein Aufmerksamkeitsbestimmungsmittel zum Bestimmen einer Aufmerksamkeit eines Fahrzeugfahrers aus einem Betriebszustand des Fahrzeugs, wobei das Steuer/Regel-Mittel ein Befehlsdrehmoment für das Stellglied für einen gegebenen Wert der Abweichung bei einer Abnahme der Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers erhöht.

Nachfolgend wird die vorliegende Erfindung mit Bezug auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben, in welchen:

Fig. 1 ein Gesamtblockdiagramm eines elektrischen Kraftlenksystems ist, das gemäß der vorliegenden Erfindung aufgebaut ist,

Fig. 2 eine diagrammatische Ansicht der mechanischen Anordnung des elektrischen Kraftlenkungssystems ist,

Fig. 3 ein Blockdiagramm des Fahrzeugnavigationssystems ist,

Fig. 4 ein Blockdiagramm einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist,

Fig. 5 ein Wellendiagramm zum Zeigen des Prinzips zum Analysieren des Lenkdrehmoments zum Auswerten der Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers ist,

Fig. 6 ein Blockdiagramm des Systems zum Bestimmen der Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers aus dem Lenkdrehmoment und der Fahrzeuggeschwindigkeit ist,

Fig. 7 ein Graph ist, welcher die Änderung des zusätzlichen Lenkdrehmoments bezüglich der Richtungsabweichung des Fahrzeugs in Abhängigkeit von der Auf-

merksamkeit des Fahrzeugfahrers zeigt,

Fig. 8 ein Graph ist, welcher die Änderung des Vibrations-Drehmoments zeigt, welches an das Lenkrad als Warnung in Abhängigkeit sowohl von der Richtungsabweichung als auch der Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers angelegt wird, und

Fig. 9 ein Graph ist, welcher das Gesamtdrehmoment darstellt, welches das Lenkstellglied auf das Lenksystem ausübt.

Die Fig. 1 zeigt die Gesamtstruktur eines elektrischen Kraftlenkungssystems gemäß der vorliegenden Erfindung. Dieses Lenkungssystem umfaßt eine Ist-Richtungserfassungseinheit 1, umfassend eine geomagnetischen Sensor, zum Erfassen einer Ist-Richtung β eines Fahrzeugs 2, eine Soll-Richtungsbestimmungseinheit 4, welche die Tangentialrichtung α der Straße unmittelbar vor dem Fahrzeug gemäß der aus einem Fahrzeugnavigationssystem 3 (welches nachfolgend beschrieben wird) erhaltenen Information bestimmt, eine Abweichungsberechnungseinheit 5 zum Erfassen einer Abweichung ϵ der Ist-Fahrzeugrichtung β von der Soll-Richtung α , eine Soll-Zusatzdrehmomentbestimmungseinheit 7 zum Berechnen eines zusätzlichen oder Hilfs-Drehmoments T_0 , welches ein Elektromotor 6 erzeugen soll, um die Abweichung ϵ zu verringern, und eine Motorantriebseinheit 8 zum Zuführen eines Befehlssignals zu dem Elektromotor 6, welches dem zusätzlichen Drehmoment T_0 entspricht, das durch die Soll-Zusatzdrehmomentbestimmungseinheit 7 erhalten wird.

Dieses elektrische Kraftlenkungssystem ist in der Lage, das Drehmoment zu erzeugen, welches erforderlich ist, um das Fahrzeug selbst zu steuern, liefert jedoch normalerweise ein variables Soll-Zusatz- oder Hilfs-Drehmoment T_0 durch Verwendung des Elektromotors 6 aus der Soll-Zusatzdrehmomentbestimmungseinheit 7 in Abhängigkeit von dem Wert eines Signals K, das von einer Aufmerksamkeitsbestimmungseinheit 9 (welche nachfolgend beschrieben wird) geliefert wird. Das Signal entspricht einem Niveau der Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers, wie nachfolgend beschrieben. Ein manuelles Lenkdrehmoment T_s , welches an ein Lenkrad angelegt wird, wird durch einen Lenkdrehmomentsensor 10 erfaßt. Nur wenn das manuelle Lenkdrehmoment T_s einen vorbestimmten Schwellenwert überschreitet, dann führt das Kraftlenkungssystem seine Funktion als ein normales Kraftlenkungssystem durch Berechnung eines Soll-Unterstützungsdrehmoments T_A in einer Soll-Unterstützungsdrehmomentbestimmungseinheit 13 aus einem Ausgangssignal θ_s eines Lenkwinkelsensors 11 und einem Signal V_s von einem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 12 sowie dem manuellen Lenkdrehmoment T_s durch und addiert das Soll-Unterstützungsdrehmoment T_A zu dem variablen Soll-Zusatzdrehmoment T_0 .

Die Fig. 2 zeigt die mechanische Struktur des elektrischen Kraftlenkungssystems, welches in Fig. 1 gezeigt ist. Das elektrische Kraftlenkungssystem umfaßt ein Lenkrad 21, eine Lenkwelle 22, welche integral mit dem Lenkrad 21 verbunden ist, ein Ritzel 24, welches mit der Lenkwelle 22 über eine Verbindungswelle 23 verbunden ist, die mit einem Paar von Universalgelenken 23a und 23b versehen ist, und ein Zahn/Gewinde-Stangen- und Ritzel-Lenkgetriebesystem 28, umfassend eine Zahn- oder Gewindestange 27, welche mit dem Ritzel 24 kämmt und Achsschenkelarme 26 linker und rechter Vorderräder W über Spurstangen 25 durch seitliche Bewegung bezüglich der Fahrzeugkarosserie betätigt. Das elektrische Kraftlenkungssystem enthält den Elektro-

motor 6, welcher bezüglich der Gewindestange 27 ko-axial angeordnet ist, und einen Kugel- und Muttermechanismus 29, welcher das Drehmoment des Elektromotors 6 in eine axiale Schubkraft der Gewindestange 27 umwandelt.

Das Lenksystem umfaßt ferner eine Steuer/Regel-Einheit 30, welche die Ausgabe des Elektromotors 6 gemäß dem Signal T_s von dem Lenkdrehmomentsensor 10, der dem Ritzel 24 zugeordnet ist, dem Signal θ_s , das von dem Lenkwinkelsensor 11 erhalten wird, der an dem Ritzel 24 angeordnet ist, um den Lenkwinkel des Lenkrads 21 zu erfassen, und dem Signal V_s von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 12 steuert/regelt.

Die Fig. 3 zeigt die Struktur des Fahrzeugnavigationssystems 3 zum Bestimmen der Soll-Richtung des Fahrzeugs. Das Fahrzeugnavigationssystem 3 umfaßt ein Inertial-Navigationssystem 41, welches die Trajektorie des Fahrzeugs gemäß Signalen γ und V_s von einem Gierratensensor 14 und dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 12 bestimmt, eine Karteninformationsausgabereinheit 42, welche eine CD-ROM umfassen kann, die Karteninformation enthält, eine Kartenanpassungs/Übereinstimmungseinheit 43, welche die Ist-Trajektorie des Fahrzeugs mit der Karteninformation vergleicht, ein Satellitennavigationssystem 45, welches die globale Position des Fahrzeugs gemäß einem Signal von einer GPS-Antenne 44 bestimmt, eine Positionsbestimmungseinheit 46, welche die Position des Fahrzeugs auf der Karte gemäß der Positionskoordinate, die durch die Kartenanpassungseinheit 43 erzeugt wird, und der Positionskoordinate, welche durch das Satellitennavigationssystem 45 erzeugt wird, bestimmt, und eine Weg-Such-Einheit 48 zum Suchen eines Wegs von einer momentanen Position des Fahrzeugs, welche durch die Positionsbestimmungseinheit 46 bestimmt wird, zu einer Zielposition des Fahrzeugs, welche durch eine Zieleingabereinheit 47 bestimmt wird. Die Position des Fahrzeugs kann ebenso durch ein Funkfeuer B bestimmt werden.

Der durch die Weg-Such-Einheit 48 gesuchte Weg besteht aus einer Anzahl an Punkten. Der Ort des Fahrzeugs t Sekunden nach dem momentanen Zeitpunkt kann durch Leiten der Weginformation und der momentanen Positionsinformation zu einer Positionsvorhersageeinheit 49 und durch Integrieren der Fahrgeschwindigkeit V_s des Fahrzeugs vorhergesagt werden. Die Tangentialrichtung an jedem Punkt des vorhergesagten Bewegungswegs des Fahrzeugs wird durch die Soll-Richtungsbestimmungseinheit 4 vorhergesagt. Wieweit vor dem Fahrzeug der Punkt, an welchem die Tangentialrichtung vorhergesagt werden soll, plaziert werden soll, kann gemäß der Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs und der Rechenkapazität des Steuer/Regel-Systems ausgewählt werden.

Wenn angenommen wird, daß die Richtung der Tangentiallinie des Punkts des Wegs, den das Fahrzeug in t Sekunden erreicht, α_t ist, und daß die vorhergesagte Richtung des Fahrzeugs t Sekunden nach der momentanen Position β_t ist, dann ist die Richtungsabweichung zu diesem Zeitpunkt: $\epsilon_{rt} = \alpha_t - \beta_t$. Somit kann das Fahrzeug dem Weg folgen, wenn der Elektromotor 6 ein Lenkdrehmoment erzeugt, so daß die Richtungsabweichung ϵ_{rt} minimal wird. Daher wird es durch Durchführung einer Rückkopplungssteuerung des Antriebsdrehmoments des Elektromotors 6 zum Minimieren der Abweichung zwischen der Soll-Richtung α_t und der Ist-Richtung β_t des Fahrzeugs möglich, zu verhindern, daß das Fahrzeug von dem beabsichtigten Bewegungsweg

oder Fahrtweg abweicht, selbst wenn der Fahrzeugfahrer nicht aufmerksam genug ist oder eingenickt ist.

Die Drehmoment-Steuerung/Regelung des Elektromotors 6 kann bezüglich der vorangehend beschriebenen Art und Weise, welche auf der Minimierung der Richtungsabweichung ϵ_{rt} beruht, in unterschiedlicher Art und Weise durchgeführt werden. Beispielsweise ist es anstelle des Ermitteln der Richtungsabweichung ϵ_{rt} ebenso möglich, eine Abweichung γ_{rt} einer Ist-Gierrate γ_{rt} , welche von dem Gierratensensor 14 erhalten wird, von einem vorhergesagten Wert γ_{pt} einer Gierrate zu erhalten, welche für den Zeitpunkt t anhand der Form der Straße vor dem Fahrzeug durch Verwendung einer Referenzgierratenberechnungseinheit 51, wie in Fig. 4 dargestellt, vorhergesagt wird. Das Drehmoment des Elektromotors 6 wird in Rückkopplung derart geregelt, daß diese Gierratenabweichung γ_{rt} minimiert wird.

Die Struktur der vorangehend erwähnten Aufmerksamkeitsbestimmungseinheit 9 wird nachfolgend beschrieben. Es ist bekannt, daß ein Fahrzeugfahrer dazu neigt, einen korrigierenden Lenkvorgang zu wiederholen, wenn er sich schläfrig fühlt und seine Aufmerksamkeit verlorengeht. Wenn er kurzzeitig einnickt, dann weicht das Fahrzeug von dem geeigneten Bewegungsweg ab. Er wacht jedoch unmittelbar danach auf und führt einen korrigierenden Lenkvorgang durch. In einem nicht vollständig wachen Zustand neigt der Fahrzeugfahrer dazu, diesen Vorgang zu wiederholen. Das Endergebnis ist ein wiederholter Lenkvorgang, welcher bei dem gegebenen Straßenzustand nicht erforderlich ist. Wenn dieser Zustand auftritt, dann nimmt der akkumulierte Wert des Lenkdrehmoments (oder der Gewindestangenschubkraft) von einem normalen Wert zu, wie in Fig. 5 gezeigt. Daher gibt dies ein Maß für die Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers.

Beispielsweise wird die Anzahl des Auftretens eines Lenkdrehmoments, welches in einem vorbestimmten Frequenzbereich liegt und welches einen bestimmten Schwellenwert überschreitet, gezählt, und die Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers wird durch Nachschlagen in einer Aufmerksamkeitsbestimmungstabelle ausgewertet, welche die Anzahl des Auftretens als einen Index verwendet. Die Unterscheidung zwischen einem normalen korrigierenden Lenkvorgang und einem abnormalen Lenkvorgang aufgrund eines Mangels an Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers kann durch Nachschlagetabellen unter Verwendung der Größe des Lenkdrehmoments und der Fahrzeuggeschwindigkeit als Indizes durchgeführt werden (Fig. 6).

Ein Aufmerksamkeitskoeffizient K_1 kann somit als ein Wert definiert werden, welcher progressiv zunimmt, wenn die Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers abnimmt. Der Aufmerksamkeitskoeffizient K_1 wird mit dem Soll-Zusatzdrehmoment in der Soll-Zusatzdrehmomentbestimmungseinheit 7 multipliziert, so daß der Verstärkungsgrad des Systems zum Bestimmen des Soll-Zusatzdrehmoments für eine bestimmte Richtungsabweichung erhöht wird, wenn die Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers abnimmt. Dies bedeutet, daß die Neigung des Systems zum Beibehalten des beabsichtigten Bewegungswegs zunimmt, und mit anderen Worten, das Ausmaß der Lenkautomatisierung nimmt zu, wenn die Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers abnimmt. Im Gegensatz dazu wird, wenn die Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers hoch ist, der Verstärkungsgrad des Systems zum Bestimmen des Soll-Zusatzdrehmoments für eine vorgegebene Richtungsabweichung verringert, so daß das Lenk-Steuer/Regel-System weniger in die beabsich-

tigte Lenkanstrengung des Fahrzeugfahrers eingreift (Fig. 7). Der zusätzliche Drehmoment-Befehlswert T_0 kann durch die folgende Gleichung wiedergegeben werden:

$$T_0 = f_1(K_1, \text{ert}, V_s)$$

Es ist möglich, ein oszillierendes Drehmoment an das Lenkrad anzulegen, um den Fahrzeugfahrer wach zu machen, wenn die Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers unter einen bestimmten Schwellenwert fällt. In diesem Falle kann die Amplitude T_v des oszillierenden Drehmoments als eine Funktion der Abweichung ert , des Aufmerksamkeitskoeffizienten K_1 und der Fahrgeschwindigkeit V_s gegeben sein, oder

$$T_v = f_2(K_1, \text{ert}, V_s)$$

Ein Beispiel dieser Beziehung ist in Fig. 8 wiedergegeben.

Der Befehlsdrehmomentwert T_c , welcher an den Elektromotor 6 auszugeben ist, ist somit als eine Gesamtsumme des zusätzlichen Drehmoments T_0 , des Unterstützungsdrehmoments T_A und des oszillierenden Drehmoments T_v gegeben, wie in Fig. 9 gezeigt.

Die bei einem Abfall der Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers auftretenden abrupten Lenkvorgänge treten ohne Berücksichtigung des Zustands der Straße auf. Es ist anzunehmen, daß, wenn die Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers gering ist, die Ist-Gierrate von der vorhergesagten Gierrate, welche aus dem Zustand oder der Form der Straße vorhergesagt wird, signifikant abweicht. Daher ist es ferner möglich, die Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers aus dem Ausmaß der Abweichung der Ist-Gierrate von der vorhergesagten Gierrate zu bestimmen. Wenn gewünscht, dann kann die Genauigkeit der Bestimmung der Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers weiter verbessert werden, indem die beiden Verfahren, welche auf den Änderungen des Lenkdrehmoments (oder der Gewindestangenschubkraft) bzw. den Änderungen in der Gierrate beruhen, kombiniert werden.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird die Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers aus einem Betriebszustand des Fahrzeugs, wie z. B. dem Lenkdrehmoment, der Gewindestangenschubkraft und/oder der Gierrate bestimmt, und der bestimmte Pegel der Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers wird in vorteilhafter Weise in der Steuer/Regel-Eigenschaft des Lenk-Steuer/Regel-Systems widerspiegelt. Mit anderen Worten, das Niveau der Automatisierung des Lenk-Steuer/Regel-Systems wird in geeigneter Weise in Abhängigkeit von dem Niveau der Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers verändert.

Obgleich die vorliegende Erfindung mit Bezug auf bevorzugte Ausführungsformen derselben beschrieben worden ist, ist es für einen Fachmann offensichtlich, daß verschiedene Änderungen und Modifikationen möglich sind, ohne vom Umfang der vorliegenden Erfindung, welche in den beiliegenden Ansprüchen angegeben ist, abzuweichen.

Die Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers wird aus einem Betriebszustand des Fahrzeugs (2) bestimmt, beispielsweise dem Lenkdrehmoment, der Gewindestangenschubkraft und/oder der Gierrate, und der bestimmte Wert der Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers wird vorteilhafterweise in der Steuer/Regel-Eigenschaft des Lenk-Steuer/Regel-Systems wiedergegeben. Wenn die

Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers sehr gering ist und der Fahrzeugfahrer sogar eingenickt ist, dann macht das Lenk-Steuer/Regel-System seinen Eingriff in die Lenk-Steuerung/Regelung maximal, so daß das Fahrzeug (2) automatisch auf seinem Weg entlang des geeigneten Bewegungswegs gehalten wird. Wenn gewünscht, dann kann der Fahrzeugfahrer durch Anlegen eines Vibrations-Drehmoments an das Lenkrad gewarnt werden. Im Gegensatz dazu wird jedoch, wenn die Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers hoch ist, die Einwirkung des Steuer/Regel-Systems auf die Lenk-Steuerung/Regelung minimal gemacht, so daß der beabsichtigten Lenkanstrengung des Fahrzeugfahrers durch das Lenk-Steuer/Regel-System nicht entgegengewirkt wird, selbst wenn ein extremer Lenkvorgang durchgeführt wird.

Patentansprüche

1. Fahrzeuglenk-Steuer/Regel-System, umfassend: ein manuelles Lenkeingabemittel (21) zum manuellen Betätigen eines Lenksystems eines Fahrzeugs (2), ein Stellglied (6) zum Vorsehen eines zusätzlichen Lenkdrehmoments (T_0) bei dem Lenksystem, ein Ist-Richtungserfassungsmittel (1) zum Erfassen einer Ist-Bewegungsrichtung (β) des Fahrzeugs (2), ein Soll-Richtungsbestimmungsmittel (4) zum Definieren einer Soll-Bewegungsrichtung (α) des Fahrzeugs (2), ein Abweichungsberechnungsmittel (5) zum Bestimmen einer Abweichung (er) der Ist-Bewegungsrichtung (β) von der Soll-Bewegungsrichtung (α), ein Steuer/Regel-Mittel (30) zum Steuern/Regeln des Stellglieds (6), um die durch das Abweichungsberechnungsmittel (5) bestimmte Abweichung (er) zu verringern, und ein Aufmerksamkeitsbestimmungsmittel (9) zum Bestimmen einer Aufmerksamkeit eines Fahrzeugfahrers aus einem Betriebszustand des Fahrzeugs (2), wobei das Steuer/Regel-Mittel ein Befehlsdrehmoment für das Stellglied (6) für einen gegebenen Wert der Abweichung (er) bei einer Abnahme der Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers erhöht.
2. Fahrzeuglenk-Steuer/Regel-System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Ist-Richtungserfassungsmittel einen geomagnetischen Sensor umfaßt und daß das Soll-Richtungsbestimmungsmittel (4) ein globales Positionierungssystem (GPS) umfaßt, welches eine Form einer Straße vor dem Fahrzeug (2) bestimmen kann.
3. Fahrzeuglenk-Steuer/Regel-System nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuer/Regel-Mittel (30) einen Rückkopplungsregler umfaßt, welcher ein zusätzliches Befehlsdrehmoment für das Stellglied (6) befiehlt, um die durch das Abweichungsberechnungsmittel (5) bestimmte Abweichung (er) zu minimieren.
4. Fahrzeuglenk-Steuer/Regel-System nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein Regel-Verstärkungsgrad des Rückkopplungsreglers in Proportion zu einer Abnahme der Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers erhöht wird.
5. Fahrzeuglenk-Steuer/Regel-System nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufmerksamkeitsbestimmungsmittel (9)

ein Mittel zum Sammeln von Daten über ein an das manuelle Lenkeingabemittel (21) angelegtes manuelles Lenkdrehmoment umfaßt.

6. Fahrzeuglenk-Steuer/Regel-System nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Mittel zum Sammeln von Daten über das manuelle Lenkdrehmoment ein Mittel zum Erfassen jedes Vorkommens eines einen Schwellenwert überschreitenden manuellen Lenkdrehmoments umfaßt sowie ein Mittel zum Zählen dieser Vorkommen eines manuellen Lenkdrehmoments, welches den Schwellenwert überschreitet.

7. Fahrzeuglenk-Steuer/Regel-System nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Soll-Richtungsbestimmungsmittel (4) ein globales Positionierungssystem (GPS) umfaßt, welches die Form einer Straße vor dem Fahrzeug bestimmen kann, und daß das Aufmerksamkeitsbestimmungsmittel ein Mittel (14) zum Bestimmen einer Ist-Gierrate (γ_{Rt}) des Fahrzeugs (2), ein Mittel (51) zum Vorhersagen einer Referenzgierrate (γ_{Pt}), welche aus der Form einer Straße vor dem Fahrzeug (2) vorhergesagt wird, die durch das globale Positionierungssystem bestimmt wird, sowie ein Mittel zum Sammeln von Daten über eine Abweichung der Ist-Gierrate (γ_{Rt}) von der Referenz-Gierrate (γ_{Pt}) umfaßt.

8. Fahrzeuglenk-Steuer/Regel-System, umfassend: ein manuelles Lenksteuereingabemittel (21) zum manuellen Betätigen eines Lenksystems eines Fahrzeugs (2),

ein Stellglied (6) zum Vorsehen eines zusätzlichen Lenkdrehmoments bei dem Lenksystem,

ein Navigationsführungsmittel (3) zum Vorhersagen eines Fahrtwegs des Fahrzeugs (2),

ein Ist-Gierrfassungsmittel (14) zum Erfassen einer Ist-Gierrate (γ_{Rt}) des Fahrzeugs (2),

ein Soll-Gierbestimmungsmittel (51) zum Bestimmen einer Soll-Gierrate des Fahrzeugs gemäß dem durch das Navigationsführungsmittel (3) vorhergesagten Fahrtweg,

ein Abweichungsberechnungsmittel zum Bestimmen einer Abweichung (γ_{ert}) der Ist-Gierrate (γ_{Rt}) von der Soll-Gierrate (γ_{Pt}),

ein Steuer/Regel-Mittel zum Steuern/Regeln des Stellglieds (6), um die durch das Abweichungsberechnungsmittel (5) bestimmte Abweichung (γ_{ert}) zu verringern, und

ein Aufmerksamkeitsbestimmungsmittel zum Bestimmen einer Aufmerksamkeit eines Fahrzeugfahrers aus einem Betriebszustand des Fahrzeugs (2), wobei das Steuer/Regel-Mittel ein Befehlsdrehmoment für das Stellglied (6) für einen gegebenen Wert der Abweichung (γ_{ert}) bei einer Abnahme der Aufmerksamkeit des Fahrzeugfahrers erhöht.

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

60

65

- Leerseite -

Fig. 1

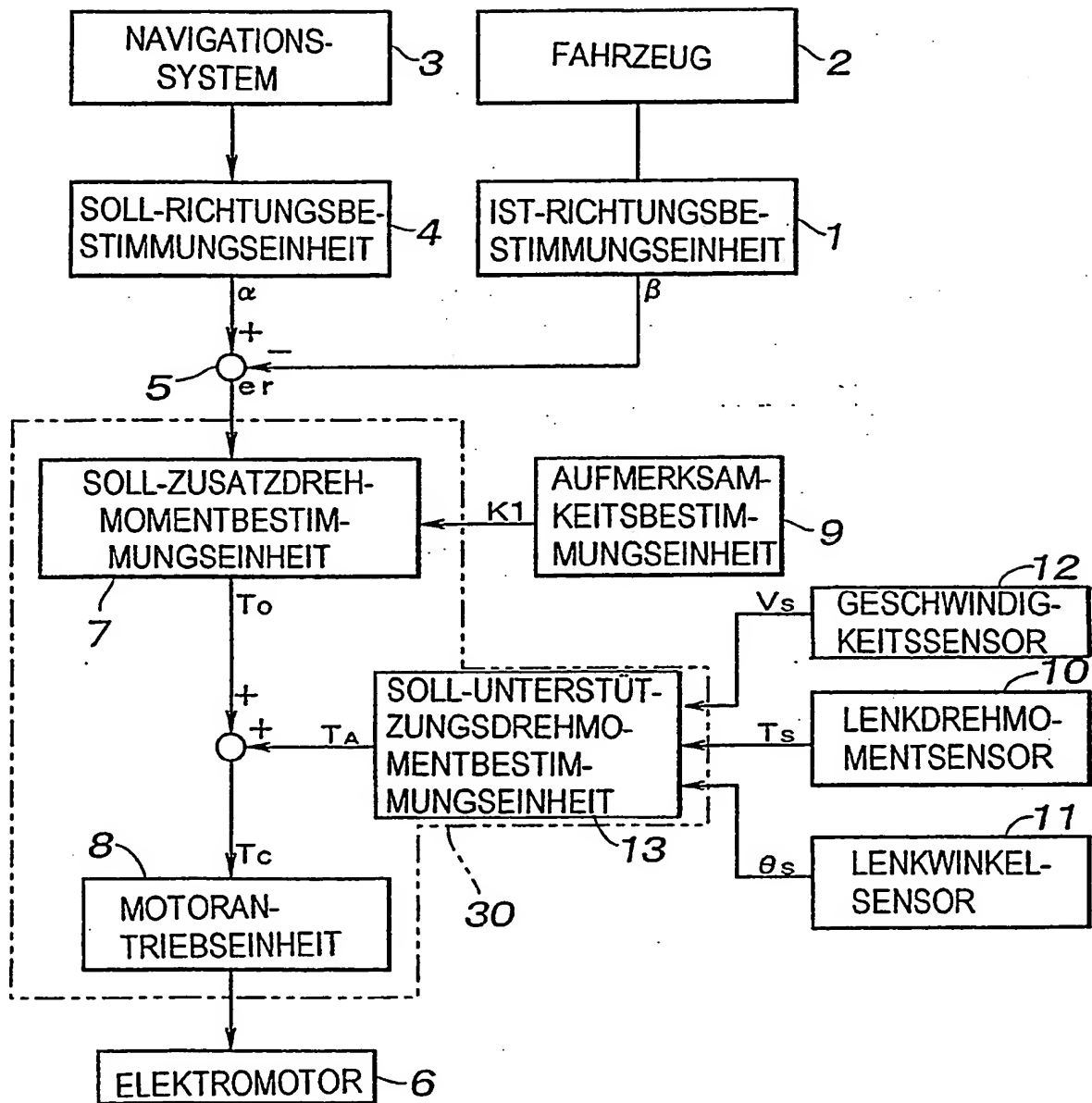


Fig. 2

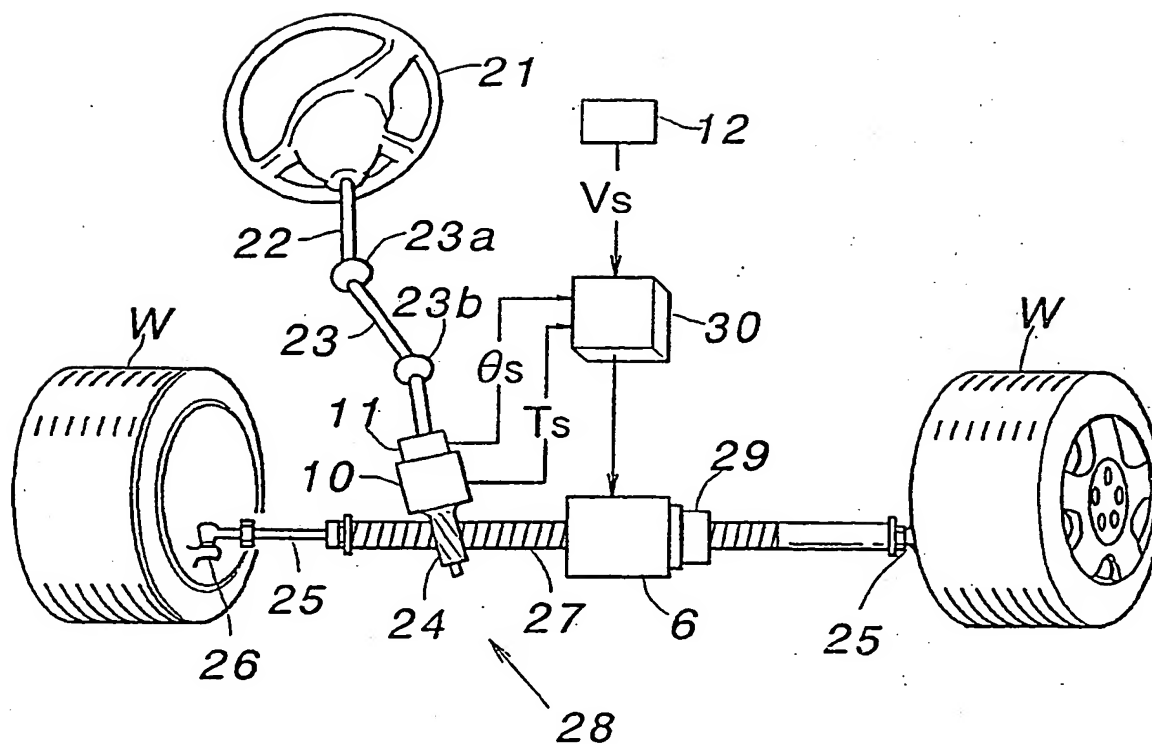


Fig. 3

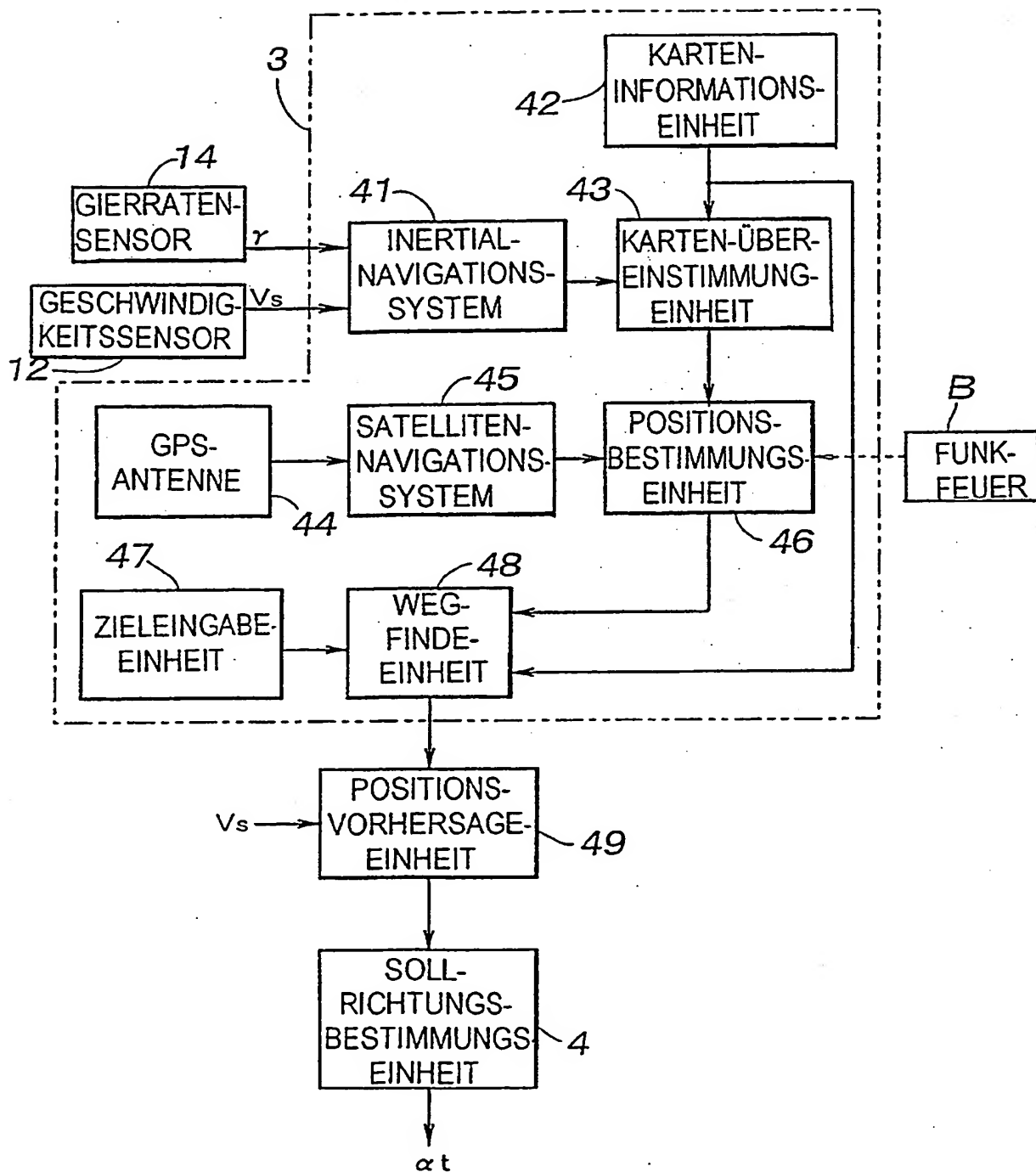


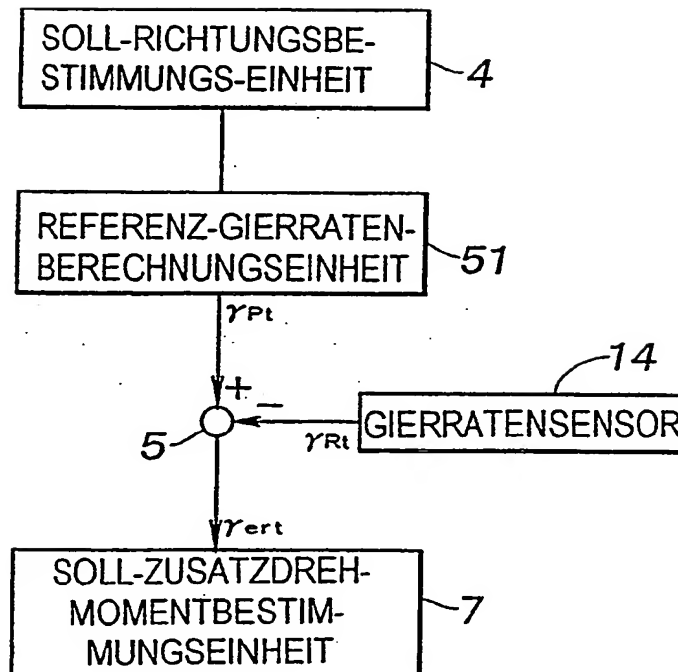
Fig. 4

Fig. 5

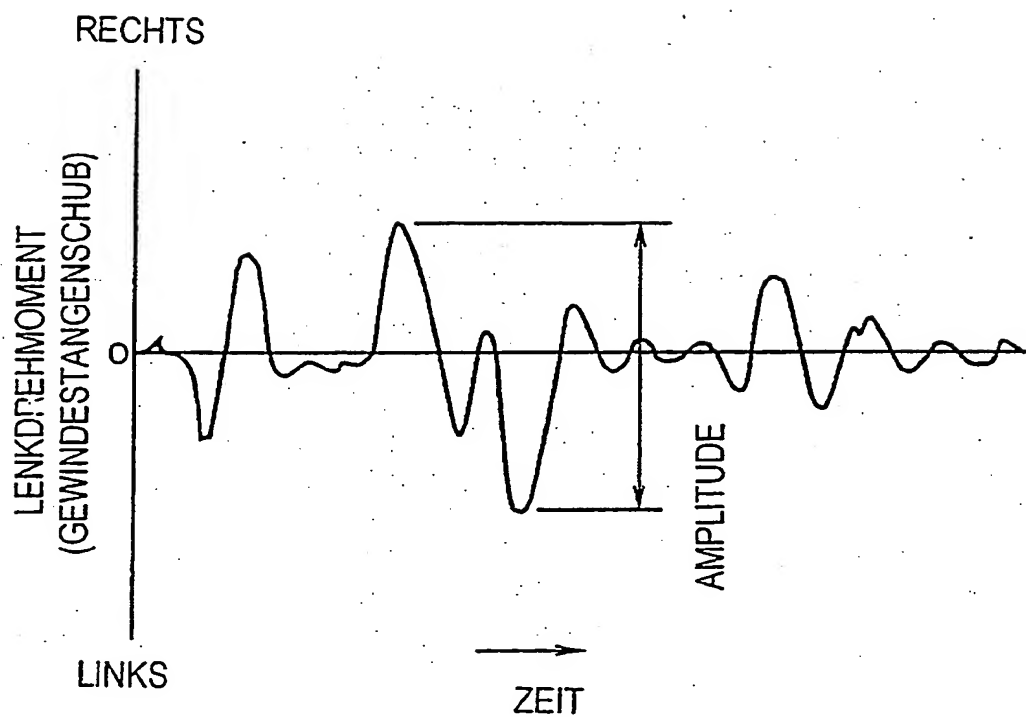


Fig. 6

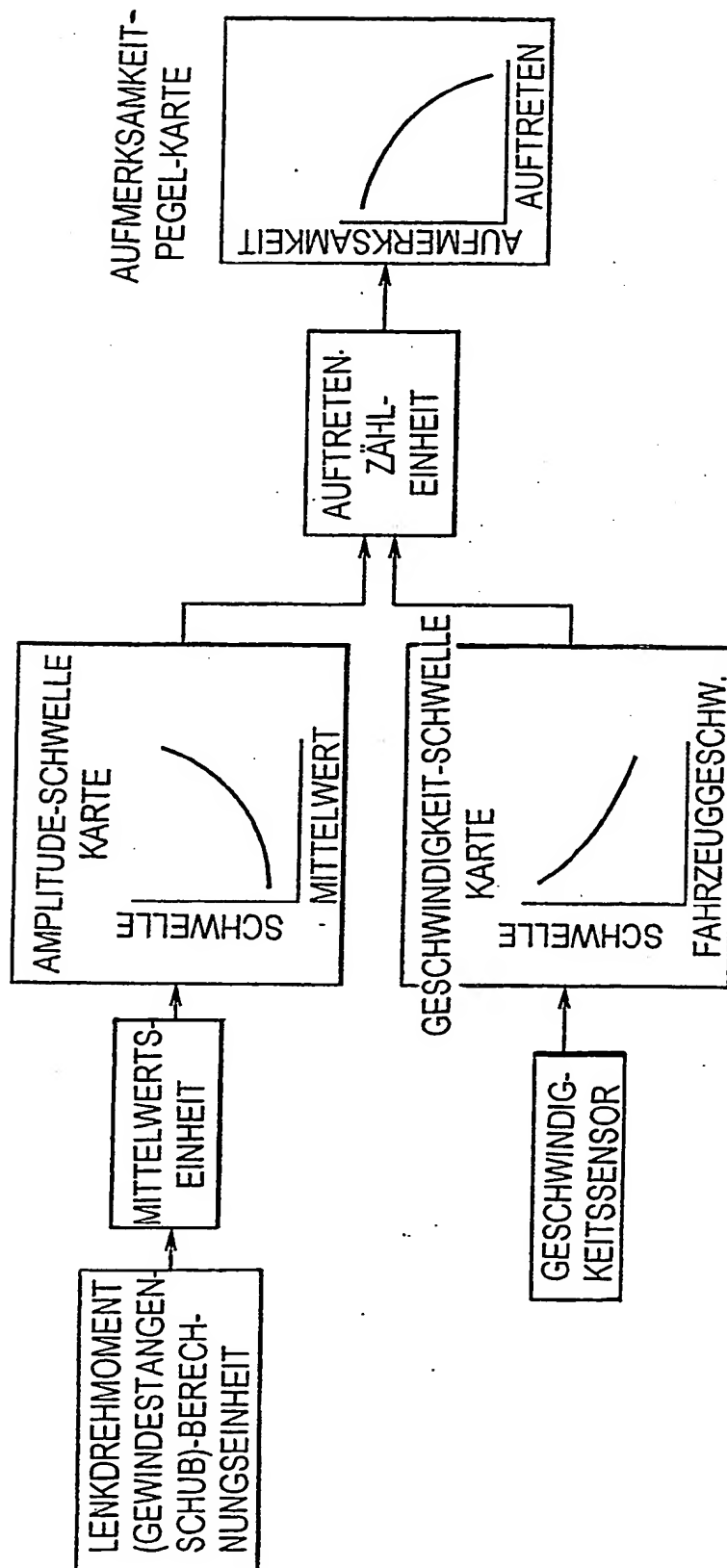


Fig. 7

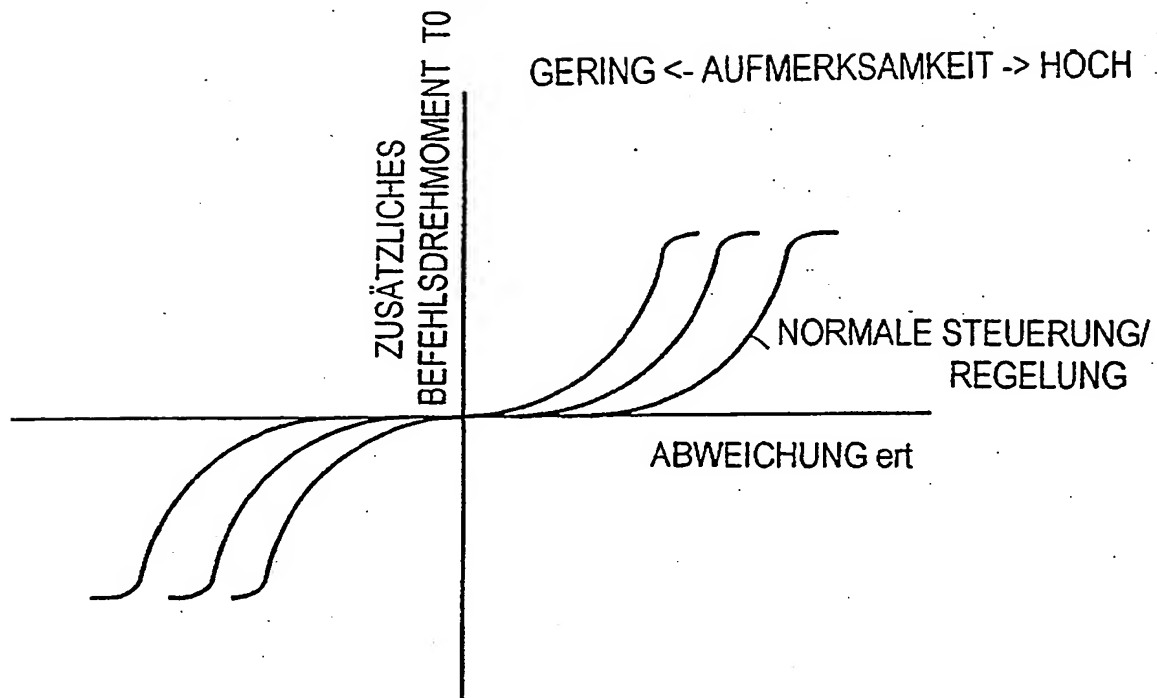


Fig. 8

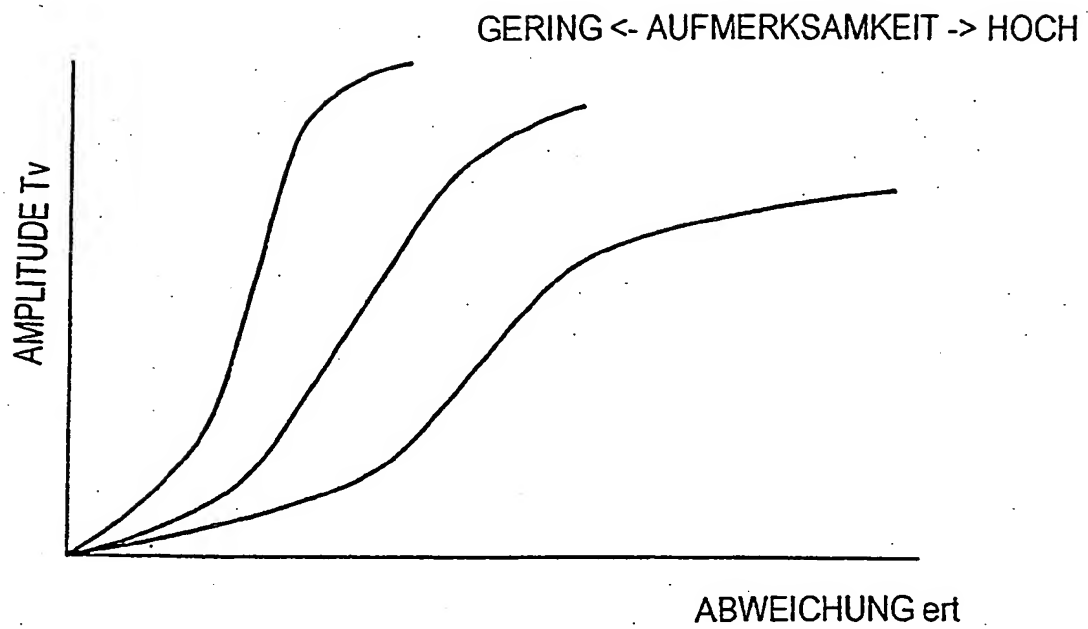


Fig. 9

